

Aus dem Lehrgebiet Arbeitsmedizin des Fachbereichs 1
der Freien Universität Berlin

Lehrbeauftragter: Prof. Dr. med. K. Maidorn
und dem Landesinstitut für Arbeitsmedizin Berlin
Leiter: Senatsrat Professor Dr. med. D. Schürmann

Vergleichende ergometrische Unter-
suchungen bei Fußkurbelarbeit im Sitzen
über 75 Watt 1 Stunde lang an
Diabetikern und Nichtdiabetikern

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Viehrig, Gisela, geb. Spors

Neustadt/Westpreußen

1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Lehrgebiet Arbeitsmedizin des Fachbereichs 1
der Freien Universität Berlin
Lehrbeauftragter: Prof. Dr. med. K. Maidorn
und dem Landesinstitut für Arbeitsmedizin Berlin
Leiter: Senatsrat Professor Dr. med. D. Schürmann

Vergleichende ergometrische Untersuchungen bei Fußkurbelarbeit im Sitzen
über 75 Watt 1 Stunde lang an
Diabetikern und Nichtdiabetikern

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Viehrig, Gisela, geb. Spors
Neustadt/Westpreußen

Referent: Professor Dr. med. K. Maidorn

Korreferent: Professor Dr. med. H. Stoboy



gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 3. 12. 1976

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung

2. Methodik

2.1. Untersuchungsgut

2.2 Untersuchungsgeräte

2.3. Durchführung der Untersuchung

2.4. Graphische Darstellung der statistischen Auswertung

3. Ergebnisse

3.1 Herzschlagfrequenz und Blutdruck

3.2. Blutzucker

3.3. Serumparameter: Cholesterin

Anorganisches Phosphat

Gesamt - Bilirubin

Albumine

Gesamt - Eiweiß

Harnsäure

Harnstoff - Stickstoff

Glucose

L.D.H.

Alkalische Phosphatase

Calzium

SGOT

Hämatokrit

4. Besprechung und Beurteilung der Ergebnisse

4.1. Körperliche Belastbarkeit

4.2. Herzschlagfrequenz und Blutdruck

4.3. Blutzucker

4.4. Serumparameter

5. Zusammenfassung

6. Literaturverzeichnis

1. EINLEITUNG

In der Vorinsulinaera war die Muskelarbeit die Haupttherapie des Diabetes mellitus. Mit der Einführung des Insulins fand diese immer weniger Anwendung und geriet fast in Vergessenheit. Erst in jüngster Zeit wird wieder häufiger mit Nachdruck auf die Notwendigkeit körperlicher Betätigung hingewiesen. Die Kasuistik zeigt nach Carlström und Karlefors (3 und 4), Görig und Lorenz (8), Larsson et al (22, 23, 24), Klein und Maidorn (19), Maidorn (25, 26), Maidorn et al (27), Mehnert (29, 30), Mehnert et al (31, 32), Petrides et al (36), Sachse (38) und Schlüssel (43), daß Muskelarbeit die Vitalität der Zuckerkranken erhalten und verbessern kann. Leider machen nur wenige Zuckerkrankte davon Gebrauch. Der Mehrzahl von jungen und alten Diabetikern, die infolge körperlicher Untätigkeit kaum noch zu mobilisieren sind, stehen nur sehr wenige gegenüber, die den Wert der körperlichen Belastung erkannt haben und diesen praktizieren. Einzelne Diabetiker bestätigen gar, daß Leistungssport in verschiedenen Sportarten nach Klein und Maidorn (19), Mehnert (29) und Sachse (38) möglich ist. Der Leistungssport wird und muß, vor allem wegen der

schwer in Kontrolle zu bringenden Hypoglykämiegefahr, die Ausnahme bleiben. Doch auch der Mangel an anstrengender körperlicher Belastung, der Herz und Kreislauf verkümmern läßt und den Intermediärstoffwechsel nicht aktiviert, scheint für den Diabetiker ein zusätzlicher Risikofaktor zu sein. Dieser bedroht die Mehrzahl von ihnen. Der Mangel an anstrengender körperlicher Bewegung hat mehrere Ursachen. Eine Ursache dürften die fehlenden Grundlagenuntersuchungen sein. Folglich sind bisher nur wenig zuverlässige Aussagen über den Umfang, die Dauer und die Intensität einer den Bewegungsmangel notwendig ausgleichenden körperlichen Anstrengung bekannt. Hinzukommt, daß die meisten Ärzte schon von der Einstellung her die körperliche Anstrengung weder für die Diagnostik noch für die Therapie nutzbar machen.

In dieser Arbeit soll anhand von vergleichenden ergometrischen Untersuchungen während einer Ausdauerleistung von 75 Watt über eine Stunde bei Fußkurbelarbeit im Sitzen das Verhalten von Herzschlagfrequenz, Blutdruck, Blutzucker und einigen Blut- und Serumparametern bei Diabetikern und Nichtdiabetikern festgestellt werden. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, für Diabetiker

reproduzierbare Kriterien für eine quantitative Austestung der körperlichen Leistungsfähigkeit aufzustellen und einen Beitrag dazu leisten, die Muskelarbeit als Therapeutikum weiter zu erforschen und zu nutzen, selbst wenn damit noch viele Fragen des Intermediärstoffwechsels und der Auswirkung auf das Herz-Kreislauf-System bei Diabetikern offen bleiben müssen.

2. M E T H O D I K

2.1. Untersuchungsgut

Es wurden untersucht:

37 männliche Diabetiker im Alter von

16 - 59 Jahren

und als Vergleichsgruppe

15 männliche Nichtdiabetiker im Alter von

19 - 48 Jahren.

20 Diabetiker befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung im Krankenhaus Hohengatow, Berlin, in stationärer Behandlung und wurden dort medikamentös und diätetisch eingestellt.

Die 17 übrigen Diabetiker waren uns durch vorangegangene Untersuchungen bereits bekannt. Sie stellten sich auf Anfrage spontan für die Untersuchung zur Verfügung. Diese Probanden wohnten zu Hause und gingen ihrem Beruf nach.

Im gesamten Kollektiv waren Arbeiter, Angestellte und Studenten vertreten. Die meisten mieden jegliche körperliche Anstrengung. Keiner mußte beruflich körperlich schwer arbeiten.

Vier Diabetiker und drei Nichtdiabetiker betrieben unregelmäßig und unterschiedlich intensiv Sport. Ein Diabetiker spielte Hockey und ist in dieser Sportart als Leistungssportler zu betrachten. Von den 34 ausgewerteten Diabetikerfällen waren 28 insulinpflichtig, sechs Diabetiker (Fall Nr. 16, 21, 27, 31, 32, 33) wurden ausschließlich mit Tabletten behandelt. Die Ergebnisse von drei Diabetikern wurden statistisch nicht ausgewertet, weil die Ergometerarbeit vorzeitig durch die Untersucherin abgebrochen wurde, als der systolische Blutdruck jeweils über 200 mg/Hg anstieg. Durch den Abbruch sollte der Gefahr einer Herz- und Kreislaufüberlastung und -gefährdung vorgebeugt werden. Von der Untersuchung wurden bereits vorher Diabetiker ausgeschlossen, denen eine solche Belastung nicht zumutbar war.

Als Kontraindikationen sahen wir an:

Coronare Beschwerden und Anzeichen,
Mikro- und Makroangiopathien,
Hypertonie,
Stoffwechseldekompensationen,
Fettsucht und
akute Infekte.

Diabetiker mit anderen Sekundärerkrankungen, die ebenso eine Kontraindikation für eine Ergometerbelastung aufgewiesen hätten, standen nicht zur Verfügung.

Tabelle 1:

Einzeldaten der Diabetiker

Fall Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Dauer des Diabetes (Jahre)	Insulin I.E./die.
1	23	172	75	0,10	56
2	16	170	55,5	1,25	28
3	28	175	78	3	68
4	28	172	76	0,5	32
5	16	180	64	0,5	36
6	21	165	66,8	17	76
7	28	171,5	80,9	3,75	76
8	24	194,5	84,5	1	56
9	28	179	63,5	9	32
10	24	184	78	4	80
11	28	186	86,1	7	68
12	18	177	57	13	72
13	21	169	62	0,25	72
14	25	183	79	5	100
15	25	179	72,7	7	60
16	27	166	58,8	13	Tabl.
17	29	178	82	11	76
18	38	174	78	4	76
19	30	175	75,2	26	64
20	30	181	82	16	68
21	31	183	83,1	2	Tabl.
22	34	175	71	14	64
23	35	171	65,9	7	52

Fall Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Dauer des Diabetes (Jahre)	Insulin I.E./ die.
24	33	187	71,4	17	52
25	30	185	85	10	84
26	37	172	77,4	14	64
27	30	183	70	0,25	Tabl.
28	55	168	70	8	76
29	44	177	70	1	48
30	53	182,5	74,1	9	12
31	45	179	98	0,10	Tabl.
32	59	169	70	5	Tabl.
33	51	176,5	102	3	Tabl.
34	43	178	82,5	11	72

Unter den 15 Nichtdiabetikern, die anamnestisch und aufgrund einer körperlichen Voruntersuchung als gesund zu betrachten waren, waren ebenso Arbeiter, Angestellte und Studenten vertreten. Auch von ihnen mußte keiner beruflich körperlich schwer arbeiten. Drei betrieben unregelmäßig Sport, sie sind als Ausgleichssportler zu betrachten.

Auch zwei Nichtdiabetiker konnten statistisch nicht erfaßt werden. Wegen technischer und methodischer Fehler konnten nicht alle Daten ermittelt werden. Es gelangten 13 in die statistische Auswertung.

Tabelle 2:

Einzeldaten der Nichtdiabetiker

Fall Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg
1	23	176	64
2	28	174	67
3	22	184,5	89,9
4	20	178	82,3
5	19	176	64
6	29	178	72
7	30	175	62,9
8	31	174,5	89,9
9	29	179,5	72,2
10	29	183	76,1
11	37	181	79,3
12	41	180,5	84,2
13	48	185	87,5

Die Versuchspersonen der Diabetiker und Nichtdiabetiker wurden in drei Altersgruppen eingeteilt.

Altersgruppe 1: 16 - 28 Jahre

Altersgruppe 2: 29 - 39 Jahre

Altersgruppe 3: 40 - 59 Jahre.

Eine weitere Unterteilung erfolgte bei den Diabetikern nach der Dauer ihrer Erkrankung.

- Gruppe 1: Erkrankungsdauer unter 1 Jahr
Gruppe 2: Erkrankungsdauer 1 - 4 Jahre
Gruppe 3: Erkrankungsdauer 5 - 14 Jahre
Gruppe 4: Erkrankungsdauer 15 Jahre und mehr.

Das Durchschnittsalter war in der ersten Altersgruppe bei den Diabetikern mit 24 Jahren um zwei Jahre höher als bei den Nichtdiabetikern mit 22 Jahren. In der Altersgruppe 2 war es mit 32 Jahren bei den Diabetikern um ein Jahr höher als bei den Nichtdiabetikern mit 31 Jahren.

Bei der Altersgruppe 3 lag das Alter der Diabetiker mit 50 Jahren um fünf Jahre über dem mittleren Alter der Nichtdiabetiker mit 45 Jahren.

Die mittlere Größe aller untersuchten Diabetiker war mit 177,0 cm um 1,9 cm geringer als die mittlere Größe der Nichtdiabetiker mit 178,9 cm.

Das mittlere Gewicht der Diabetiker lag mit 76,86 kg um 0,62 kg über dem der Nichtdiabetiker mit 76,24 kg.

2.2. Untersuchungsgeräte

- 2.2.1. Die ergometrische Belastung der Probanden wurde an dem Lauckner-Universal-Ergometer mittels Fußkurbelarbeit im Sitzen durchgeführt.
- 2.2.2. Der Blutdruck wurde indirekt mit einem Hg-Sphygmo-Manometer gemessen nach der auskultatorischen Methode von Riva-Rocci-Karotkoff über der Arteria brachialis. Da die Belastungsversuche im Sitzen ausgeführt wurden, mußte der Arm durch die Untersucherin leicht angehoben und gebeugt werden. Dadurch wurde die Armmuskulatur entspannt und gleichzeitig die Auskultationsstelle in Herzhöhe gehalten.
- 2.2.3. Die Herzschlagfrequenz wurde auskultatorisch sechs Sekunden lang gemessen und daraus die Minutenherzschlagfrequenz errechnet.
- 2.2.4. Der Blutzucker wurde aus dem Kapillarblut der Ohrhäppchen mit Versatol als Vergleichsserum enzymatisch bestimmt. Gleichzeitig wurden Blut-

zuckerkontrollen mit dem Hämoglucoteststreifen der Firma Boehringer vorgenommen, um den akuten Blutzuckerspiegel beurteilen zu können.

- 2.2.5. Die Serumparameter wurden aus dem Venenblut mit dem Autoanalyser SMA 12/30 Survey der Firma Technicon unter Bedingungen strenger interner und externer Qualitätskontrolle bestimmt.

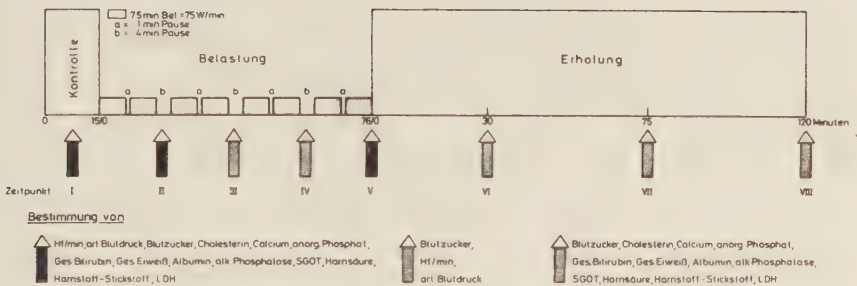
2.3. Durchführung der Untersuchung

Alle Versuche wurden vormittags in der Zeit zwischen 8 und 13 Uhr durchgeführt. Die Raumtemperatur betrug $21 - 25^{\circ}$ bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30 - 65 %.

Die Diabetiker hatten ein bis zwei Stunden vor Beginn des Versuchs ihr übliches Frühstück zu sich genommen und die entsprechende Insulindosis gespritzt oder ihre vorgeschriebene Tablettdosis eingenommen. Die bevorstehende körperliche Arbeit war dabei nicht berücksichtigt worden.

Nach einer kurzen Erhebung der Kranken- und Arbeitsanamnese, der klinischen Durchuntersuchung und dem Urinlassen erfolgte die Einweisung in die Versuchsbedingungen. Den Probanden wurde vor Beginn des Versuches der Vorgang der Untersuchung eingehend erklärt, um eine ausreichende psychische Stabilität während des Versuchs zu erreichen.

Jeder Diabetiker wurde angehalten, die Ergometerarbeit zu unterbrechen, sobald sich hypoglycämische Zeichen oder stärkeres körperliches Unwohlsein bemerkbar machen sollten. Der Versuchsablauf erfolgte nach dem Schema in Darstellung 1:



Darstellung 1:

Schematische Darstellung des Versuchsablaufs der Fußkurbelarbeit im Sitzen von Diabetikern und Nichtdiabetikern vor, während und nach einer Leistung von 75 Watt 1 Stunde lang.

Der Versuch begann mit der ersten Venenblutentnahme für die verschiedenen Serumparameter und der ersten Kapillarblutentnahme aus dem Ohrläppchen zur enzymatischen Blutzuckerbestimmung. Danach wurden die Ruheherzschlagfrequenz und der Ruheblutdruck dreimal in minütlichem Abstand gemessen. Der Mittelwert gelangte in die Auswertung. Dann begann der Proband mit der Fußkurbelarbeit im Sitzen. Drehzahlunabhängig mußten 75 Watt/Minute geleistet werden. Nach 7 1/2 Minuten wurde eine Minute Pause, nach weiteren 7 1/2 Minuten wurden vier Minuten Pause eingelegt, wobei dieser Wechsel bis zum Belastungsende fortgesetzt wurde. Während der Pausen blieb der Proband auf dem Ergometer sitzen. Die Bestimmungen der einzelnen Parameter erfolgten zu folgenden Zeitpunkten:

Sofort mit dem Anhalten der Fußkurbelarbeit und dem Beginn der Pause wurde präcordial die Herzschlagfrequenz sechs Sekunden lang bestimmt. Unmittelbar danach wurde der Blutdruck gemessen. Die systolischen Blutdruckwerte wurden mit dem ersten

Ton registriert, wenn regelmäßige Karotkoffgeräusche bei Ablassen des Manschettendruckes hörbar waren.

Das Verschwinden des letzten Karotkofftones wurde als diastolisches Kriterium gewertet. Ein "muffling" ist in keinem Falle aufgetreten.

Die Entnahme von kapillärem Blut aus dem Ohrläppchen für die enzymatische Blutzuckerbestimmung und den halbquantitativen Streifentest zur Blutzuckerschnellbestimmung (nach Fa. Boehringer) erfolgte in den vierminütigen Belastungspausen unmittelbar nach der Messung von Herzschlagfrequenz und Blutdruck. Weiterhin wurde der Blutzucker direkt im Anschluß an die ergometrische Arbeit bestimmt, ein sechstes und siebentes Mal nach 30 Minuten und 75 Minuten Erholungszeit. Die Abnahme von Venenblut für die Serumparameter erfolgte viermal:

vor Untersuchungsbeginn,
nach 30 Minuten ergometrischer Belastung,
am Belastungsende,
nach zwei Stunden Erholung.

Das Venenblut wurde mit einem Vacutainer nach dem Unterdruckverfahren aus der kurzfristig gestauten Cubitalvene entnommen. Es wurde frühestens 30 Minuten, längstens drei Stunden nach Versuchsende zentrifugiert, das Serum abpipettiert und bis zur Verarbeitung im Autoanalyser tiefgefroren.

Der Urin wurde vor Versuchsbeginn und nach der ergometrischen Belastung auf Zucker und Aceton untersucht.

Nach 30 Minuten ergometrischer Belastung nahmen die Diabetiker ihr zweites Frühstück zu sich.

2.4. Graphische Darstellung der statistischen Auswertung

Bei den verschiedenen Vergleichen wurden jeweils untersucht, ob Signifikanzen zwischen den einzelnen Meßreihen auftraten, bzw. ob die Differenzen $D = \bar{X} - \bar{Y}$ der Mittelwerte der beiden jeweiligen Meßreihen signifikant ist. Diese Berechnungen wurden nach der Gauß'schen Fehlertheorie folgendermaßen durchgeführt:

Arithmetisches Mittel:

$$\bar{x} = \frac{1}{n_1} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} x_i \quad ; \quad \bar{y} = \frac{1}{n_2} (y_1 + y_2 + \dots + y_n) = \frac{1}{n_2} \cdot \sum_{i=1}^{n_2} y_i$$

Empirische Varianz:

$$s_x^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x})^2 \quad ; \quad s_y^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_2} (y_i - \bar{y})^2$$

Empirische Streuung (mittlerer Fehler):

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x})^2} \quad ; \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_2} (y_i - \bar{y})^2}$$

Streuung des Mittelwertes:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s_x^2}{n_1}} = \frac{s_x}{\sqrt{n_1}} \quad ; \quad s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{s_y^2}{n_2}} = \frac{s_y}{\sqrt{n_2}}$$

Differenz der Mittelwerte:

$$D = \bar{x} - \bar{y}$$

Streuung der Differenz D:

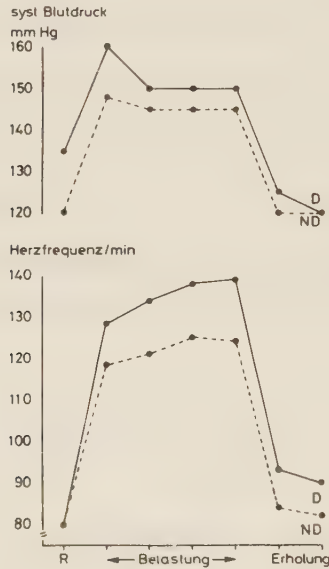
$$s_D = \sqrt{s_{\bar{x}}^2 + s_{\bar{y}}^2}$$

Signifikanzregel:

$$|D| = |\bar{x} - \bar{y}| > 3 \cdot s_D$$

3. E R G E B N I S S E

3.1. Herzschlagfrequenz und Blutdruck

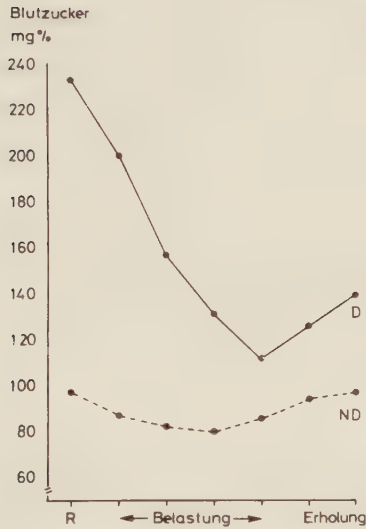


	RUHE		BELASTUNG (75 Watt)					ERHOLUNG		n
Herzfrequenz/min										
Diabetiker	80.15 ± 12.58	128.53 ± 20.17	133.82 ± 18.75	138.24 ± 16.96	138.82 ± 19.03	92.94 ± 13.80	88.71 ± 13.37			34
Nichtdiabetiker	80.00 ± 13.84	118.46 ± 16.25	120.77 ± 18.01	124.62 ± 22.22	123.86 ± 21.81	83.85 ± 9.61	82.38 ± 11.66			13
Signifikanz	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
Blutdruck (mmHg)										
Diabetiker	135 ± 17.00	160 ± 22.80	150 ± 21.27	150 ± 21.87	150 ± 23.38	125 ± 14.42	120 ± 12.32			34
Nichtdiabetiker	120 ± 13.00	148 ± 19.22	145 ± 13.88	145 ± 14.16	145 ± 15.02	120 ± 9.39	120 ± 10.68			13
Signifikanz	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			

Abb. 1

Verhalten der Herzschlagfrequenz (untere Kurve) und des systolischen Blutdrucks (obere Kurve) vor, während und nach einer Leistung von 75 Watt über eine Stunde bei Fußkurbelarbeit im Sitzen am Lauckner-Universalgometer bei 34 Diabetikern und 13 Nichtdiabetikern.

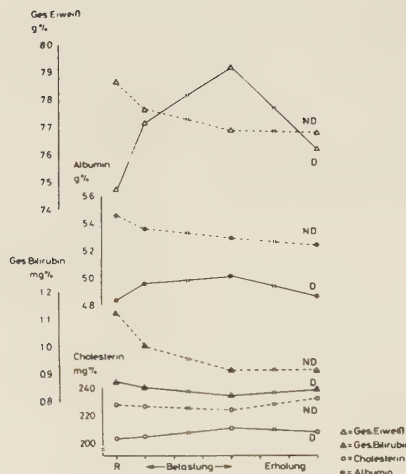
3.2. Blutzucker



	RUHE		BELASTUNG (75 Watt)						ERHOLUNG				n		
Blutzucker (mg%)															
Diabetiker	233,29	: 88,65	199,56	: 88,20	156,85	: 80,65	131,24	: 75,67	112,15	: 58,47	126,35	: 62,25	140,03	: 66,81	34
Nichtdiabetiker	97,54	: 9,94	87,31	: 10,70	81,92	: 9,87	79,92	: 13,26	85,46	: 10,45	93,77	: 16,91	96,77	: 12,58	13
Signifikanzen	S	S	S		S		S	NS	NS		NS		S		

Abb. 2:

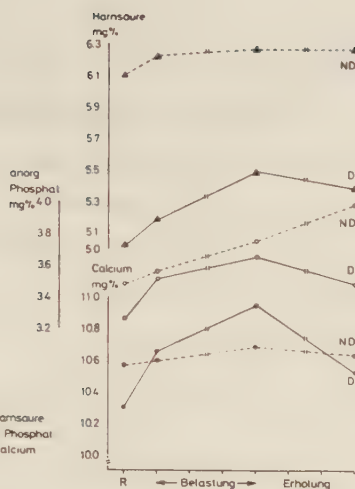
Verhalten der wahren Glucose (enzymatisch bestimmt mit Versatol als Vergleichsserum) vor, während und nach einer Leistung von 75 Watt über eine Stunde bei Fußkurbelarbeit im Sitzen am Lauckner-Universal-Ergometer bei 34 Diabetikern und 13 Nichtdiabetikern.



	RUHE	BELASTUNG (75 Watt)	ERNHOLUNG	n
Cholesterin (mg%)				
Diabetiker	202,45 ± 33,82	204,18 ± 35,95	210,73 ± 35,84	11
Nichtdiabetiker	227,44 ± 36,39	226,00 ± 34,72	223,44 ± 35,16	9
Signifikanz	NS	NS	NS	NS
Ges. Bilirubin (mg%)				
Diabetiker	0,87 ± 0,32	0,85 ± 0,32	0,82 ± 0,31	11
Nichtdiabetiker	1,17 ± 0,45	0,99 ± 0,23	0,91 ± 0,25	9
Signifikanz	NS	NS	NS	NS
Albumin (g%)				
Diabetiker	4,83 ± 0,34	4,95 ± 0,37	5,00 ± 0,27	11
Nichtdiabetiker	5,45 ± 0,54	5,35 ± 0,45	5,28 ± 0,47	9
Signifikanz	S	NS	NS	NS
Ges. Eiweiß (g%)				
Diabetiker	74,7 ± 0,30	77,1 ± 0,26	79,1 ± 0,45	11
Nichtdiabetiker	78,6 ± 0,48	77,6 ± 0,23	76,8 ± 0,45	9
Signifikanz	NS	NS	NS	NS

Abb. 3:

Verhalten von Gesamt-Eiweiß, Gesamt-Bilirubin, Cholesterin und Albumin vor, während und nach einer Leistung von 75 Watt über eine Stunde bei Fußkurbelarbeit im Sitzen am Lauckner-Universal-Ergometer bei 11 Diabetikern und 9 Nichtdiabetikern.



	RUHE	BELASTUNG (75 Watt)				ERHOLUNG		n
Calcium (mg%)								
Diabetiker	10.30 ± 0.38	10.65 ± 0.39			10.94 ± 0.58		10.52 ± 0.42	11
Nichtdiabetiker	10.56 ± 0.36	10.59 ± 0.61			10.68 ± 0.57		10.63 ± 0.34	9
Signifikanz	NS	NS			NS		NS	
a. Phosphat (mg%)								
Diabetiker	3.75 ± 0.52	3.51 ± 0.46			3.65 ± 0.42		3.48 ± 0.53	11
Nichtdiabetiker	3.48 ± 0.58	3.56 ± 0.45			3.75 ± 0.45		3.98 ± 0.48	9
Signifikanz	NS	NS			NS		NS	
Harnsäure (mg%)								
Diabetiker	5.02 ± 1.04	5.19 ± 1.32			5.43 ± 1.32		5.39 ± 1.33	11
Nichtdiabetiker	6.10 ± 0.55	6.21 ± 0.55			6.27 ± 0.75		6.27 ± 0.64	9
Signifikanz	NS	NS			NS		NS	

Abb. 4

Verhalten von Harnsäure, anorganischem Phosphat und Calcium vor, während und nach einer Leistung von 75 Watt über eine Stunde bei Fußkurbelarbeit im Sitzen am Lauckner-Universalergometer bei 11 Diabetikern und 9 Nichtdiabetikern.

Das Verhalten von Harnstoff-Stickstoff, LDH, alkalischer Phosphatase, SGOT und Hämatokrit ist graphisch und tabellarisch nicht dargestellt. Vor, während und nach der Ergometerarbeit liegen die ermittelten Werte im Referenzbereich. Auffälligkeiten sind im Abschnitt 4.4. beschrieben.

4. BESPRECHUNG UND BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

4.1. Körperliche Belastbarkeit

Zur Frage der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Anwendung ergometrischer Funktionsprüfungen an Diabetikern ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen folgendes auszuführen:

Aus arbeitsmedizinischer Sicht ist zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit eines Diabetikers für seine berufliche Tätigkeit, welche mit körperlicher Anstrengung verbunden ist, die Beantwortung der Frage nach der allgemeinen anäroben Leistungskapazität ebenso wichtig wie die nach der allgemeinen aeroben Leistungskapazität. Für die meisten beruflichen Tätigkeiten mit körperlichen Anstrengungen werden an beide Belastungsformen, die allgemeine aerobe wie die allgemeine anaerobe, gleichermaßen Anforderungen gestellt. Aus diesem Grunde wird man zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Diabetikers beide Leistungskapazitäten überprüfen müssen. Hierzu gibt es wie auch in der Ergometrie nach

Mellerowicz (33) viele Möglichkeiten, die von apparativen, personellen und methodischen Voraussetzungen bestimmt werden.

Bei den bisher vorliegenden vergleichenden spiroergometrischen Untersuchungsergebnissen an Diabetikern und Nichtdiabetikern mit 2 Watt/kg Körpergewicht sechs Minuten im Liegen von Maidorn et al(27), die der Austestung der Mittelzeitausdauer dienen, hatten 30 % der Diabetiker nicht die geforderte hohe exzessive Leistung sechs Minuten lang durchhalten können. Infolge Kraftlosigkeit und hypoxämischer Schmerzen mußten diese vorzeitig aufgeben. Sie hatten aber noch nicht die cardiopulmonale Leistungsgrenze erreicht und wiesen auch noch keine hypoglycämischen Zeichen auf. Die Autoren nahmen hierfür ein unzureichendes körperliches Training als Ursache an. Dadurch ist eine Aussage über die Bruttoleistung der Mittelzeitausdauer für diese muskelschwachen Patienten schwierig, weil die gewünschten Parameter nicht ausgetestet werden konnten.

Nun kann berücksichtigt werden, daß zur Bestimmung der Langzeitausdauer bei gleicher

physikalischer Leistung die Probanden erfahrungsgemäß Fußkurbelarbeit im Sitzen seltener vorzeitig aufgeben, als Fußkurbelarbeit im Liegen, wie unsere Versuche gezeigt haben. Die hypoxämischen Schmerzen, die im Liegen durch statische Belastung beim Hochhalten der Beine im distalen Quadrizeps femoris auftreten, bringen den Ungeübten - als solchen finden wir den Diabetiker meist vor - eher zur Aufgabe der ergometrischen Belastung als den Geübten oder muskulär Trainierten. Für solche Probanden sind dann mehrere Versuche erforderlich, ehe sie die hypoxämischen Schmerzen überwinden können. Aus diesem Grunde haben wir für die vorliegende Ergometerarbeit Fußkurbelarbeit im Sitzen gewählt.

Alle Probanden haben dann auch die geforderte Ergometerarbeit geschafft. Der Nachteil dieser Methode ist die etwas schwierige Bestimmung des Blutdruckes, und es kann auch nicht ausgeschlossen werden, daß durch die Orthostase geringe Abweichungen einiger korpuskulärer Anteile und hochmolekularer Serumparameter möglich sind. Für eine umfangreiche Aussage über die körperliche Leistungsfähigkeit von Diabetikern

bietet sich zunächst die Austestung der Langzeitausdauer an, obwohl der Einzelversuch sehr zeitaufwendig ist.

Die Vorteile sind:

Über den wichtigsten leistungsbegrenzenden und leistungsbedingenden Faktor des Diabetikers, nämlich das Verhalten der Leistungsglycämie, läßt sich ein besserer Überblick gewinnen,

das Verhalten der Leistungsherzschlagfrequenz und des Leistungsblutdruckes lassen auf die allgemeine aerobe und bedingt auch auf die allgemeine anaerobe Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf schließen,

die Überwachung des Patienten ist wesentlich leichter, drohende Dekompensationen sind rechtzeitig zu erkennen und zu behandeln,

und schließlich wird bei körperlich untrainierten Patienten die belastete Beinmuskulatur nicht so schnell versagen, und sie werden nicht so häufig den Belastungsversuch vorzeitig abbrechen wie bei Belastungen, die bis in den Vita-maxima-Bereich gehen.

Der Abfall des Blutzuckerspiegels und damit die Gefahr der Hypoglycämie durch körperliche Anstrengung ist beim insulinpflichtigen Diabetiker in erster Linie durch das Gesamtmaß der Arbeit bestimmt. Diese kann sicher durch die Intensität der Leistung vergrößert werden. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen haben wir 75 Watt eine Stunde lang gewählt. Dies entspricht schon einer Langzeitausdauer, welche aber andererseits für den Intermediärstoffwechsel sowie für Herz und Kreislauf nicht gleich bedrohlich wirken dürfte.

Die Meßergebnisse von Herzschlagfrequenz und Blutdruck bei drei Diabetikern veranlaßten die Versuchsleiterin, die Belastung vorzeitig abzubrechen. Bei diesen war der Blutdruck nach jeweils 15 Minuten Ergometerarbeit über 200 mm/Hg angestiegen. Durch den Abbruch sollte eine mögliche Gefährdung des Herz-Kreislauf-Systems der Diabetiker sicher ausgeschlossen werden. Subjektiv hatten die Diabetiker noch nicht das Gefühl, aufhören zu müssen oder eine Leistungsgrenze erreicht zu haben. Hier ist zu fragen, ob aus übertriebener Vorsicht der Versuch nicht zu früh abgebrochen wurde.

Alle anderen Probanden, Diabetiker und Nicht-diabetiker, gaben dagegen keinen Anlaß zum vorzeitigen Abbruch und schafften die geforderte Fußkurbelarbeit von 75 Watt eine Stunde lang ohne Beschwerden und Zwischenfälle.

Hypoglycämische Zeichen traten bei den Diabetikern weder subjektiv noch objektiv auf, obwohl bei einem Diabetiker der Blutzucker bis auf 28 mg % absank. Hierbei hat sich übrigens zur Groborientierung die Streifen-testmethode nach Firma Boehringer sehr gut bewährt.

Bei den Diabetikern, die sich in stationärer Behandlung befanden, und den Diabetikern, die zu Hause wohnten und ihrem Beruf nachgingen, wurden keine unterschiedlichen Untersuchungsergebnisse erhoben.

Es hat sich somit gezeigt, daß für Diabetiker die ergometrische Langzeitdauerbelastung sehr gut geeignet und relativ gefahrlos ist, um diese spezielle körperliche Leistungsfähigkeit auszutesten und beurteilen zu können. Der Nachteil dieser Methode bleibt in der Praxis der große zeitliche Aufwand.

4.2. Herzschlagfrequenz und Blutdruck

Die Leistungsherzschlagfrequenzen bei dynamischer Muskelarbeit im submaximalen Bereich bestimmt, sind nach Ulmer (48) ein einfacher und reproduzierbarer Parameter zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Voraussetzung ist, daß Beeinflussungen durch Hitze, statische Arbeit oder Emotionen ausgeschlossen werden können. Dies trifft für die vorliegende Untersuchung zu. Die Zimmertemperatur betrug minimal 21° , maximal 25° C, wodurch eine belastende Hitzeinwirkung ausgeschlossen werden kann. Offensichtlich waren die Probanden auch keinen, die Herzschlagfrequenz beeinflussenden emotionalen oder statischen Belastungen ausgesetzt, denn die Ruheherzschlagfrequenzen liegen im Referenzbereich von Normalpersonen nach Mellerowicz (33). Leistungs- und Erholungsherzschlagfrequenzen (Abb. 1) entsprechen vergleichbaren Untersuchungsergebnissen nach Mellerowicz (33). Die Leistungsherzschlagfrequenzen der Nichtdiabetiker liegen auch noch im physiologischen Bereich

von Referenzwerten. Die Leistungsherzschlagfrequenz der Diabetiker liegt im Durchschnitt nach 15 Minuten Ergometerarbeit um zehn Schläge, nach 60 Minuten um 15 Schläge höher als bei den Nichtdiabetikern. Signifikante Unterschiede waren zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern hinsichtlich deren Ruhe-, Leistungs- und Erholungsherzschlagfrequenzen nicht feststellbar.

Dies kann seinen Grund in der geringen Zahl der Untersuchten haben. Diese konnte die relativ großen interindividuellen Streuungen nicht ausgleichen. Trotzdem ist anzunehmen, daß die höheren Leistungsherzschlagfrequenzen der Diabetiker für eine geringere cardiale und damit geringere körperliche Leistungsfähigkeit gegenüber den Nichtdiabetikern sprechen.

Diese geringe körperliche Leistungsfähigkeit korreliert, wie die einzelnen Vergleiche zeigen, in erster Linie mit der anamnestisch ermittelten geringeren körperlichen Belastung im Berufsleben und durch Sport, wie es auch schon Larsson et al (22, 23, 24), Maidorn (25, 26) und Maidorn et al (27) gefunden haben. Die Leistungsherzschlagfrequenzen der Diabetiker sind übrigens höher, je länger der Diabetes besteht, je höher der Blutzuckerausgangswert, je höher die tägliche

Insulindosis sind und bei Übergewicht.

Diabetiker, deren Blutzucker über 200 mg % liegt, haben nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nur dann eine relativ niedrigere Leistungsherzschlagfrequenz und damit bessere körperliche Leistungsfähigkeit, wenn sie anamnestisch sportliches Ausdauertraining angaben, worauf besonders hingewiesen werden soll.

Die Ruhe und Erholungsherzschlagfrequenzen erlauben dagegen bezüglich der körperlichen Leistungsfähigkeit keine speziellen Aussagen. Die Ruheherzschlagfrequenzen entsprechen bei Diabetikern und Nichtdiabetikern den Referenzwerten nach Mellerowicz (33). Die Erholungsherzschlagfrequenzen entsprechen dem üblichen, aus der Leistungsherzschlagfrequenz resultierendem Verhalten.

Der systolische Blutdruck in Ruhe liegt bei den Diabetikern um durchschnittlich 15 mm Hg höher als bei den Nichtdiabetikern. Signifikant sind die Unterschiede nicht (Abb. 1). Zwischen den normalgewichtigen Diabetikern und den übergewichtigen besteht ein signifikanter Unter-

schied von 12 mm Hg. Den höheren Wert haben die Übergewichtigen.

Bei der Beurteilung der Leistungsblutdruckwerte ist zu berücksichtigen, daß sie aus methodischen Gründen jeweils erst ungefähr 20 Sekunden nach Ende der Arbeit bestimmt worden sind. In Vorversuchen hatte es sich gezeigt, daß es den Versuchspersonen während der Ergometerarbeit nicht möglich war, die Armmuskulatur wie in Ruhe zu entspannen. Die vermehrte Muskelanspannung während der Arbeit wirkte sich deutlich auf die Auskultationswerte aus. Sie schwankten in Abhängigkeit von den nicht unter Kontrolle zu bringenden Muskelanspannungen sehr stark und waren zum Teil wesentlich höher als unmittelbar nach Aufhören der Fußkurbelarbeit. Um diesen Fehler auszuschließen, haben wir den Blutdruck erst in der Erholungsphase bestimmt. Dies erfolgte nach Bestimmung der Herzschlagfrequenz, ungefähr 20 sec. nach Leistungsende. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die systolischen Blutdruckwerte wie die Herzschlagfrequenz nach der Leistung meist exponentiell abfallen, und der systolische Druck um einige mm Hg niedriger bestimmt worden

ist, als es dem Druck während und unmittelbar nach der Ergometerarbeit entspricht.

Das Verhalten des systolischen Blutdruckes ungefähr 20 sec. nach der Leistung zeigt durchweg einen überschießenden Anstieg zu Leistungsbeginn (Abb. 1). Der erste Gipfel liegt nach 15 Minuten Ergometerarbeit, nur in einem Falle tritt er erst nach 30 Minuten auf. Dieser überschießende Anstieg ist nur durch exogene Einflüsse zu erklären. So müssen emotionale oder statische Beeinflussungen für dieses Verhalten diskutiert werden. Emotionen können durch das normale Ruheblutdruckverhalten ausgeschlossen werden. Dagegen sind statisch bedingte Einwirkungen, welche den Blutdruck beeinflussen, zu Beginn der Ergometerarbeit nicht völlig auszuschließen. Anfangs waren die Probanden offensichtlich noch nicht so entspannt und gelöst, um den Muskeltonus auf ein Minimum zu reduzieren, wie mit zunehmender Ergometerarbeit. Erfahrungsgemäß verbessert sich mit der Übung die Ökonomie der Bewegung und Haltung, was auf den systolischen Blutdruck wirkt und in seinem Verhalten zum Ausdruck kommen könnte. Die Muskulatur entkrampft, unnötige Tonusstei-

gerungen werden mehr und mehr vermieden. Dies wirat sich beim Fahrradfahren im Sitzen besonders durch das Festhalten am Lenker auf die Oberarmmuskulatur aus, so daß unter dem Manschettendruck ein zusätzlicher Muskeldruck entsteht, welcher den systolischen Druck lokal erhöht. So ist der Gipfel des systolischen Leistungsblutdrucks durch einen zusätzlichen Muskeldruck zu dem Manschettendruck, und damit methodisch bedingt, zu erklären. Auf die Leistungsherzschlagfrequenz hat dieser Muskel-
druck keinen Einfluß, weil weniger als $1/6$ der Gesamtmuskulatur beansprucht wird.

Unabhängig davon liegen die systolischen Leistungsblutdruckwerte bei folgenden Vergleichsgruppen höher:

Bei den Diabetikern höher als bei den Nicht-diabetikern.

Bei den Diabetikern in Abhängigkeit von der Diabetesdauer um so höher, je länger der Diabetes bestand. (Signifikant bei mehr als 15jähriger Diabetesdauer um 43 mm Hg.)

Bei den Diabetikern mit Übergewicht signi-

fikant höher, als bei denen ohne Übergewicht. Bei den Diabetikern mit Blutzucker über 200 mg % Ausgangswert höher, als bei denen unter 200 mg %.

Bei den Diabetikern, die beruflich körperlich nicht arbeiten, höher als bei den Diabetikern, die beruflich körperlich arbeiten.

Dagegen gibt es keine sichtbaren Unterschiede in Abhängigkeit von der täglichen Insulinhöhe und bis auf einen Fall auch nicht in Abhängigkeit von einer sportlichen Betätigung. Dieser Proband ist als Leistungssportler zu betrachten.

Erhöhte systolische Leistungsdruckwerte bei Diabetikern im Vergleich zu Nichtdiabetikern fanden Maidorn et al (27) und ebenso Karlefors et al (18). Letztere fanden diastolisch erhöhte Ruhewerte und systolisch erhöhte Leistungsdruckwerte bei Belastungen mit 100 Watt über 10 Minuten und einer Diabetesdauer von 5 Jahren und mehr.

Die Ursache der erhöhten Werte kann nach Kylin (21) in einem höheren peripheren Widerstand zu suchen sein. In pathologisch anatomischen und

elektronenoptischen Untersuchungen wurden Veränderungen der kleinen Arterien und Arteriolen nachgewiesen. Als Grund für die Blutdruckerhöhung werden jedoch nicht nur morphologische, sondern auch funktionelle Veränderungen, bedingt durch die vermehrte Noradrenalin-ausschüttung während der Belastung und der bei Diabetikern signifikant erhöhten Ansprechbarkeit auf Noradrenalin, wie Barany (1) sie beschreibt, diskutiert. Kreuzfeld (4) verweist auf neuere Statistiken, die zeigen, daß die degenerativen Veränderungen nicht zwingende Folge der diabetischen Stoffwechsellage sein müssen, sondern bei optimaler Einstellung später und schwächer auftreten. Hierfür spricht auch das Verhalten des Leistungsblutdruckes der vorliegenden Untersuchung bei Diabetikern, deren Blutzucker über 200 mg % lag, im Vergleich zu den Diabetikern, deren Blutzucker unter 200 mg % lag. Bei letzteren ist der Leistungsblutdruck bei einer besseren optimalen Einstellung niedriger.

Nach diesen Ausführungen scheint die Bestimmung des Leistungsblutdruckes bei Diabetikern

ein möglicher Parameter für die leistungs-
begrenzende Kapazität des Kreislaufs, wie für
die prognostische Beurteilung der Kreislauf-
und Gefäßverhältnisse zu sein. Es sei daran
erinnert, daß bei drei Diabetikern nach 15minü-
tiger Belastung der Versuch abgebrochen wurde,
weil der systolische Blutdruck über 200 mm Hg
angestiegen war. Diese relativ starke Blutdruck-
erhöhung bei 75 Watt Belastung erschien uns zu
hoch. Zur Beurteilung der Frage nach einem be-
ruflichen Einsatz mit entsprechender körperli-
cher Belastung müßte man diesen Befund aber
erst noch durch eine kurzfristige, intensive
Belastung, z. B. wie sie Maidorn et al (27)
mit 2 Watt/kg Körpergewicht 6 Minuten lang
durchgeführt haben, abklären und absichern, ehe
eine endgültige Aussage gerechtfertigt ist.

4.3. Blutzucker

Das Verhalten des Blutzuckerspiegels ist bei körperlicher Belastung für den Diabetiker von entscheidender Bedeutung. Immer wird es von der Intensität, der Dichte, der Dauer und dem Umfang der körperlichen Anstrengungen einerseits und der Insulinzufuhr oder/und der Kalorienreduzierung (speziell der Kohlehydrat-Kalorien) andererseits abhängen, ob und wann ein Diabetiker in die Hypoglycämie gerät und gefährdet wird. Die Glykogenreserven und deren Mobilisierung, wie die psychische Situation spielen nach Hinkel und Wolff (15) zusätzlich eine wichtige Rolle.

Wie zu erwarten ist, unterscheidet sich das Blutzuckerprofil der Diabetiker während des Versuchs auffällig von dem der Nichtdiabetiker (Abb. 2). Während der Blutzucker bei den Diabetikern - bis auf einen Fall - bis zum Ende des Versuchs absinkt, verzeichnen die Nichtdiabetiker in den ersten 30 Minuten zwar auch einen geringen Abfall, danach und immer in den letzten 15 Minuten wieder einen Anstieg. Der Ausgangswert wird dadurch nur knapp verfehlt.

Es ist bisher unbekannt, wodurch die Arbeitshypoglycämie der Diabetiker verursacht wird. Insulin kann das Absinken des Blutzuckerspiegels nicht verursachen, wenn es selbst unter körperlicher Arbeit absinkt. In diesem Zusammenhang soll auf die Beobachtungen von Larsson und Sterky (24), Klein und Maidorn (19) hingewiesen werden, die nachgewiesen haben, daß für gleiche sportliche Leistung Diabetiker eine größere systematische Kohlehydratzufuhr benötigen als Nichtdiabetiker.

Die Höhe des Blutzuckerabfalls bei den Diabetikern ist nach den vorliegenden Untersuchungen gering von der Diabetesdauer, von der täglichen Insulindosis und signifikant von der Blutzuckerhöhe abhängig. Die Verlaufskurve bei den Diabetikern mit einer Diabetesdauer bis zu einem Jahr zeigt einen steileren Abfall und weniger schnellere Erholungswerte, als bei den Diabetikern mit einer Diabetesdauer von 1 - 4 Jahre, 5 - 14 Jahre und über 14 Jahre, die selbst untereinander keine unterschiedlichen Ergebnisse mehr zeigen. Mit zunehmender Diabetesdauer über ein Jahr, wie

mit zunehmendem Alter zeigt der Blutzuckerabfall während der Ergometerarbeit keine zunehmende Abfalltendenz. In Abhängigkeit von der täglichen Insulindosis sinkt der Blutzucker bei den Diabetikern mit mehr als 50 E. Insulin/die etwas stärker, aber nicht signifikant stärker ab als bei den Diabetikern, die weniger als 50 E. Insulin/die spritzen. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß bei Ersteren der durchschnittliche Ausgangswert über 256 mg % beträgt.

Wie Larsson und Sterky (24), Maidorn et al (27) fanden, besteht auch bei der Ergometerbelastung mit 75 Watt über eine Stunde eine signifikante Abhängigkeit des Blutzuckerabfalls vom Ausgangswert. Je höher dieser vor Beginn des Versuchs ist, desto stärker ist der Abfall unter körperlicher Belastung.

In Abhängigkeit vom Übergewicht, der beruflich bedingten körperlichen Tätigkeit sowie der sportlichen Tätigkeit zeigt das Verhalten des Blutzuckerspiegels keine auffälligen Unterschiede. Dies zeigt sich im Zusammenhang mit Sport nur bei dem eingangs zitierten Einzelfall, wobei

es sich um einen 30jährigen aktiven Hockey-spieler handelt, der, wie die Leistungsherzschlagfrequenz zeigt, maximal 110, auch cardial sehr leistungsfähig ist. Bei diesem steigt der Blutzuckerspiegel von 124 mg % auf 144 mg % und fällt bis zum Versuchsende nur auf 94 mg % ab. Bei den übrigen Diabetikern, die irgendeine sportliche, wie beruflich bedingte körperliche Betätigung in der Anamnese angegeben haben, hat die Muskularbeit auf den Blutzuckerspiegel keinen therapeutischen Nutzen gezeigt. Wie die Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf, so scheint auch die Stoffwechselbilanz des Diabetikers durch körperliche Anstrengung nur dann von nachweisbarem Vorteil zu sein, wenn die Belastung wenigstens drei- bis viermal pro Woche und jeweils über wenigstens 12 Minuten mit mindestens 50 % der maximalen Ausdauerleistungsfähigkeit oder vergleichbarem durchgeführt wird.

Die ermittelten Blutzuckerspiegel während der ergometrischen Belastung gestatten einen wichtigen Überblick über die Glucosetoleranz und damit über die diabetische Stoffwechselsituation. Bei einer vergleichenden reproduzierbaren Funktionsprüfung zur Beurteilung der körperli-

chen Leistungsfähigkeit ist jedoch immer zu berücksichtigen, daß diese Ergebnisse nur eine sichere Aussage für den Moment der Untersuchung gestatten. Therapie, Diätfehler, körperlicher sowie psychischer Stress und intercurrente Erkrankungen können das Bild des Blutzucker Verhaltens spontan ändern.

4.4. Serumparameter

Der Einfluß der körperlichen Arbeit auf verschiedene Serumbestandteile war wiederholt Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Genauere Kenntnisse hierüber dürften auch für Diabetiker von praktischer und theoretischer Bedeutung sein, da einmal pathologische Erhöhungen allgemein diagnostische und therapeutische Konsequenzen nach sich ziehen und andererseits die Kenntnisse über den Intermediärstoffwechsel erweitert werden könnten. Meist beschränken sich die bisherigen Arbeiten jedoch wegen des apparativen, personellen und materiellen Aufwandes immer nur auf einzelne bestimmte Serumwerte. So haben z. B. Otto et al (35) eine Zusammenstellung mehrerer aufwendiger Arbeiten über das Verhalten verschiedener Enzyme bei körperlichen Belastungen veröffentlicht. Daraus geht hervor, daß bei Nichtdiabetikern durch kurzfristige körperliche Belastungen häufig ein Abfall, durch längere ein Anstieg der Enzymaktivitäten erfolgen soll. Maidorn et al (27) fanden bei ihren vergleichenden spiroergometrischen Un-

tersuchungen an Diabetikern und Nichtdiabetikern für SGOT und SGPT bei 2 Watt pro kg Körpergewicht über sechs Minuten kein unterschiedliches Verhalten. 80 % der Versuchspersonen zeigten unmittelbar nach der ergometrischen Belastung einen Anstieg innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite oder überschritten diesen um maximal 3 mU/ml. In diesem Sinne verhält sich auch die SGOT der vorliegenden Untersuchung.

Mit Hilfe des Autoanalysers SMA 12 der Firma Technikon konnte gleichzeitig in das Verhalten weiterer elf Serumbestandteile und des Hämatokriten Einsicht gewonnen werden. Aus organisatorischen Gründen und funktionellen Möglichkeiten war dies nur für 11 Diabetiker und 9 Nichtdiabetiker möglich.

Ein allgemeiner Überblick ergibt sofort, daß nur die Durchschnittswerte für Glucose (Abb.2) von den Diabetikern außerhalb der Referenzbereiche liegen und durch die einstündige ergometrische Belastung mit 75 Watt, wie bereits in Abschnitt 4.3. beschrieben, verändert werden. Die weiteren Profile der 11 Parameter (Abb. 3 und 4) liegen bis auf wenige Ausnahmen

im Referenzbereich und werden durch die geleistete Ergometerarbeit auch nur wenig verändert. Bei Abweichungen ist ein einheitliches Trendverhalten, selbst wenn einige Signifikanzen auftreten, nicht sicher feststellbar, was möglicherweise auf die geringe Anzahl der Untersuchten zurückzuführen ist. Bemerkenswert sind lediglich die Profile der Harnsäure (Abb. 4), des Harnstoff-Stickstoffs +), der LDH +), der Alkalischen Phosphatase +) und der SGOT +), die in einzelnen Vergleichen wiederkehren. Innerhalb der Referenzbereiche sind bei den Diabetikern die Harnsäure, die LDH und die SGOT niedriger, die Harnstoff-Stickstoff-Werte und die Alkalischen Phosphatase (bei letzterer bis auf einen Fall in Altersgruppe 2) höher als bei den Nichtdiabetikern. Durch die körperliche Arbeit steigen oder fallen die Werte der Vergleichsgruppen dann allerdings im gleichen Sinn. Möglicherweise sind hier die Serumwerte der Diabetiker in ganz bestimmte oder für sie typische Muster

. +) graphisch und tabellarisch nicht dargestellt

der Referenzbereiche einzuordnen, wobei eine genauere Analyse anhand der vorliegenden Untersuchung nicht möglich ist. In diesem Zusammenhang sei auch auf das Verhalten des Cholesterins (Abb. 3) hingewiesen. Es ist in Ruhe mit 202 mg % bei den Diabetikern niedriger gegenüber 227 mg % bei den Nicht-diabetikern, wegen der großen Streuung aber nicht signifikant. Vermutlich wirkt sich hier die Diabetiker-Diät aus, welche durch die begrenzten KH- und Fettanteile in der Diät cholesterinsenkend ist. Die einmalige Belastung von immerhin 75 Watt eine Stunde lang scheint dagegen keinen Einfluß auf den Cholesterinspiegel zu haben. Dies ist unter Berücksichtigung der Bedeutung des Cholesterinspiegels als Risikofaktor zu erwähnen.

Ergänzend soll darauf hingewiesen werden, daß die Veränderungen der Serumparameter nicht von einer Verschiebung des Serums vom extrazellulären in den intrazellulären Raum oder umgekehrt bedingt sein kann, wenn der Hämokrit - graphisch und tabellarisch nicht dargestellt - hierfür ein Indikator ist. Letzterer hat sich nach der ergometrischen Belastung nur

um 1 % verändert. Der Gewichtsverlust durch die Ergometerarbeit betrug bei den Nichtdiabetikern 0,60 kg, bei den Diabetikern 0,68 kg im Durchschnitt.

5. Z u s a m m e n f a s s u n g

37 Diabetiker im Alter von 16 - 59 Jahren und 15 Nichtdiabetiker im Alter von 19 - 48 Jahren wurden einer ergometrischen Untersuchung unterzogen, wobei eine Fußkurbelarbeit im Sitzen von 75 Watt eine Stunde lang am Lauckner-Universalergometer gefordert wurde.

Nach 7 1/2 Minuten Fußkurbelarbeit wurde eine Minute Pause, nach weiteren 7 1/2 Minuten wurden vier Minuten Pause eingelegt. Dieser Wechsel wiederholte sich bis zum Arbeitsende.

Vor Beginn der Fußkurbelarbeit, während der Pausen und nach der gesamten Fußkurbelarbeit erfolgten auskultatorisch Messungen der Herzschlagfrequenz und des Blutdrucks, sowie Untersuchungen des Blutzuckers und weiterer zwölf Serumparameter (letzteres von 11 Diabetikern und 9 Nichtdiabetikern).

Die Diabetiker besaßen insgesamt eine geringere, aber nicht signifikant geringere Leistungsfähigkeit als die Nichtdiabetiker. Diese geringere Leistungsfähigkeit ist in erster Linie durch die anamnestisch ermittelte geringere muskuläre Belastung im Berufsleben und durch den fehlenden Sport bedingt.

Das unterschiedliche Verhalten der Herzschlagfrequenz während der ergometrischen Arbeit zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern und innerhalb der Diabetiker in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer an Diabetes korreliert mit der unterschiedlichen körperlichen Leistungsfähigkeit.

Der systolische Blutdruck stieg während der Fußkurbelarbeit bei den Diabetikern höher als bei den Nichtdiabetikern. Signifikant erhöhte Werte ergaben sich bei den Diabetikern mit mehr als 14jähriger diabetischer Stoffwechsellage (um 43 mm Hg höhere nach 45 - 60 Minuten Fußkurbelarbeit).

Der Blutzucker zeigte bei den Diabetikern einen prozentual und absolut stärkeren Abfall als bei den Nichtdiabetikern. Es bestand eine deutliche Abhängigkeit von der Höhe des Blutzucker-Ausgangswertes und der Dauer des Diabetes. Je höher der Ausgangswert, desto steiler war der Abfall. Diabetiker mit einer Diabetesdauer von einem Jahr hatten einen steileren Abfall als Diabetiker mit längerer Diabetesdauer.

Die Serump_aparameter:

Anorganisches Phosphat,

Gesamt-Bilirubin,

Albumine,

Gesamt-Eiweiß,

Harnsäure,

Harnstoff-Stickstoff,

L.D.H.,

Alkalische Phosphatase,

Calzium,

SGOT und der

Hämatokrit

zeigten zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern kein unterschiedliches Verhalten. Der niedrigere Cholesterinspiegel in Ruhe bei den Diabetikern ist auf die diabetische Diät zurückzuführen. Die ergometrische Arbeit von 75 Watt eine Stunde lang hatte auf den Cholesterinspiegel zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern keinen Einfluß.

Aus den vergleichenden ergometrischen Untersuchungen kann gefolgert werden:

1. Bei Diabetikern ist eine reproduzierbare quantitative Austestung der körperlichen Leistungsfähigkeit möglich,

2. Die gewonnenen Ergebnisse können zur genaueren vergleichswisen Messung und Bestimmung der momentanen Bruttoleistung berücksichtigt werden.
3. Die Belastungsuntersuchung kann für die prognostische Beurteilung des Diabetes herangezogen werden, denn das ermittelte Blutzuckerverhalten unter körperlicher Belastung gibt einen größeren Überblick über die Glukosetoleranz und damit über die diabetische Stoffwechselsituation und durch die Bestimmung der Leistungsherzschlagfrequenz und des Leistungsblutdruckes ist eine bessere Beurteilung der bestehenden oder drohenden degenerativen Herz-Kreislaufverhältnisse möglich.
4. Muskularbeit ist für Diabetiker neben der Insulin-Injektion und oralen Antidiabetika-Behandlung von therapeutischem Nutzen.

L I T E R A T U R

1. BARANY, F.R.: Abnormal vascular reactions in diabetes mellitus.
Acta medica scand. 152: 304 (1955)
2. BERGSTROM, J. Muscle glycogen synthesis after exercise: An enhancing factor localized to the muscle cells in man.
u. E. HULTMAN:
Nature: 210: 309 (1966)
3. CARLSTRÖM, S., Haemodynamic studies during exercise in newly diagnosed, juvenile diabetics.
u. T. KARL-FORS:
Acta medica scand., 181: 759 (1967)
4. CARLSTRÖM, S., Studies on fatty metabolism in diabetics during exercise.
u. T. KARL-FORS:
Acta medica scand. 181: 747 (1967)
5. CREUTZFELDT, W.: Lebensschicksal Diabetes
Monatsk. ärztl. Fortbildung 15 (1965)
6. DULIN, W. E. u. Studies concerning possible humeral factor produced by working muscles: its influence on glucose utilisation.
J. CLARK:
Diabetes 10: 289 (1961)
7. ERREBO-KNUDSEN, Diabetes mellitus and exercise.
E.O.:
A physiopathologic study of muscular work in patients with diabetes mellitus.
Rep. Steno. Mem. Hosp. III (1948)
8. GÖRIG, B. u. Das Blutzuckerverhalten des diabetischen Kindes und Jugendlicher bei körperlicher Belastung.
K. LORENZ:
kinderärztl. Praxis 10:463 (1971)

9. GOLDSTEIN, M.S.: Muscular exercise and subsequent
 glucose utilisation.
 In: on the Nature and Treatment
 of Diabetes, hrsg. von LEIBEL,
 B.S. und G.A. WRENSHALL,
 Excerpta Media Foundation,
 Amsterdam, S. 308, 1965
- 10 GOLDSTEIN, M.S., Action of insulin on transfer
 W.L.HENRY, of sugars across cell barriers.
 B. HUDDLESTON u. Common chemical configuration of
 R. LEVINE: substances responsive to action
 of the hormone.
 Amer. J. Physiol., 173: 207 (1953)
11. GOLDSTEIN, M.S., Action of muscular work on trans-
 S. MULLIC, B. fer of sugars across cell barriers.
 HUDDLESTON u. Comparison with action of insulin.
 R. LEVINE: Amer. J. Physiol., 173: 212 (1953)
12. GRÜNEWALD, B.: Sport für diabetische Herzen.
 Diabetes Journal, 9: 305 (1974)
13. HELMERICH, E.: Zuckertransport in Zellen und Gewe-
 ben. Ein Ort der Stoffwechselkon-
 trolle ?
 Klin. Physiologie, 1: 44 (1960)
14. HETTINGER, TH.: Fit sein - fit bleiben. Isometri-
 sches Muskeltraining für den All-
 tag. 5. Auflage.
 Georg Thieme Verlag, Stuttgart
 (1971)

15. HINKLE, L., The Effects of stressful life situa-
u.S. WOLF: tions on the concentration of blood
 glucose in diabetics and nondiabetic
 humans.
 Diabetes, 1: 383 (1952)

16. INGLE, D., Work output blood glucose values
J. NEZAMIS in normal and in diabetic rats
u. L. RICE: subjected to the stimulation of muscle.
 Endocrinology 46: 506 (1960)

17. JOKL, E., Ergometry, Exercise and Hypertension.
M. BALL u. 2. Internationales Seminar für
L. FRANKEL: Ergometrie, S. 141, Berlin 1967

18. KARLEFORS, T., Circulatory studies during exercise
R. NILSEN u. with particular reference to diabetics.
H. WESTLING: Acta medica scand., Suppl. 449
 (1966)

19. KLEIN, W. u. Diabetes mellitus und Leistungs-
K. MAIDORN: sport.
 Deutsch. Med. J., 17: 671 (1966)

20. KOPP, H.: Sport und Diabetes.
 DÄ 32: 2107 (1972)

21. KYLIN, E.: Der Blutdruck des Menschen.
 Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1937

22. LARSSON, Y., Functional adaption to rigorous
B. PERSSON, training and exercise in diabetic
G. STERLY u. and nondiabetic adolescents.
C. THOREN: J. of appl. Physiologie, 19: 629
 (1964)

23. LARSSON, Y., Physical fitness and the influence
G. STERKY, of training in diabetic adolescent
K. EKENGREN u. girls.
T. Möller: Diabetes, 11: 109 (1962)
24. LARSSON, Y.,
u. G. STERKY: Long-term prognosis in juvenile
diabetes mellitus.
Acta paediatrica, 51: Suppl. 130
(1962)
25. MAIDORN, K.: Spiroergometrische Untersuchungen
zur Frage der Beurteilung der kör-
perlichen Belastbarkeit von Diabe-
tikern.
Dtsch.med.J. 20: 261 (1969)
26. MAIDORN, K.: Vergleichende ergometrische Unter-
suchungsmethoden zur Beurteilung
der körperlichen Leistungsfähig-
keit von Diabetikern.
ZBl. Arbeitsmed. 23: 365 (1973)
27. MAIDORN, K., Vergleichende Spiroergometrie bei
B. WÄCHTER, Diabetikern und Nichtdiabetikern.
P. KÜHLING, Diagnostik 7: 761 (1974)
W. KLEIN,
G. RASCHKE u.
L. RÖCKER:
28. MAIDORN, K., Glukose-Toleranz-Test im Liegen
J. SCHLEGEL oder Sitzen ?
u. L. RÖCKER: Diagnostik 8: 158 (1975)

29. MEHNERT, H.: Sport für Diabetiker.
Diabetes Journal 8: 278 (1973)
30. MEHNERT, H.: Diabetes und Sport.
Sportarzt u. Sportmed. 9: 205
(1971)
31. MEHNERT, H., Hypertonie und Diabetes mellitus.
u. H. KUHL- Deutsch. med. J., 19: 16 (1968)
MANN:
32. MEHNERT, H. Muskularbeit und Sport bei
u. K. RETIENE: Diabetes mellitus.
In MEHNERT, H. u. K. SCHÖFF-
LING: Diabetologie in Klinik
und Praxis.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
S. 299 - 307, 1974
33. MELLEROWICZ, H.: Ergometrie, 2. Aufl.
Urban & Schwarzenberg,
München-Berlin (1974)
34. MEUSEL, H.: Sport für Diabetiker - aber
wie ?
Der Diabetiker 4: 130 (1970)
35. OTTO, P., Enzymspiegel im Serum bei
E. SCHMIDT u. körperlicher Arbeit und ambu-
F.W. SCHMIDT: lanten Patienten.
Klin. Wschr. 42: 75 (1964)
36. PETRIDES, P., Diabetes Mellitus. 2. Ausgabe
L. WEISS, Urban & Schwarzenberg,
G. LÖFFLER u. München - Berlin - Wien 1972
O. WIELAND:

37. RUTENFRANZ, J.: Zur Frage der Vergleichbarkeit
von ergometrischen Methoden zur
Prüfung der körperlichen
Leistungsfähigkeit.
ASA, 3: 93 (1967)
38. SACHSE, B.: Nutzen des Sports für den
Diabetiker.
Der Diabetiker 1: 14 (1971)
39. SACHSE, R.: Schulschwierigkeiten diabeti-
scher Kinder.
Diabetes Journal 6: 223 (1971)
40. SACHSE, B., u. R. SACHSE: Hinweise für die Erzieher
diabetischer Kinder
41. SANDERS, C.A., Effect of exercise on the
G.E. LEVINSON, peripheral utilization of
W.H. ABELMANN glucose in man.
u. N. FREINKEL: New Engl. J. Med. 271: 220
(1964)
42. SCHMIDT, B. Erfassung und Berufsschicksal
u. J. LEIST: und Komplikationsrate werkstä-
tiger Diabetiker.
ASA, 6: 209 (1967)
43. SCHLÜSSEL, H.: Sport und Diabetes mellitus.
Landarzt 43: 645 (1967)
44. SERET, J.: Sportärztliche Überwachung von
Diabetikern.
Med. Educ. Phys. Sport, Paris
41: 118 (1967)

45. SPRAGUE, R.G.: Physical activity and the control of diabetes mellitus.
In: Diabetes mellitus.
Diagnosis and treatment: 2
American Diabetes Association
S. 117 - 119, 1967
46. STERKY, G.: Diabetic Schoolchildren.
Acta Paediat.: Suppl. 144 (1963)
47. TOPI, G., u. DAL MONTE, A.: antrengender Arbeit.
Das Verhalten der Glykämie bei
Med. Sport, Torino 6: 794 (1966)
48. ÜLMER, H.-V.: Die Pulsfrequenz als Meßgröße der Leistungsphysiologie.
DÄ 20: 1209 (1972)
49. WÄCHTER, B.: Arbeitsmedizinische Untersuchungen von Diabetikern zur Beurteilung ihrer körperlichen Belastbarkeit.
Inaugural-Dissertation, FU Berlin (1971)
50. ZÜLLNER, N.: Lehrbuch des Stoffwechsels und der Stoffwechselkrankheiten.
Georg Thieme Verlag 1957

Herrn Professor Dr. med. D. Schürmann danke ich für die Überlassung des Themas.

Für die Übernahme des Themas nach dem Tode von Herrn Professor Dr. Schürmann und für die Betreuung bei der Durchführung der experimentellen Untersuchungen bin ich Herrn Professor Dr. med. K. Maidorn besonders verpflichtet.

Für die Vermittlung von Patienten und für die fachliche Beratung habe ich mich bei Herrn Oberarzt Dr. med. W. Klein, Städtisches Krankenhaus Hohen-gatow, Berlin-Spandau, zu bedanken.

Die Blut- und Serumwerte wurden im Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheits-amtes Berlin und im Landesinstitut für Arbeitsmedizin Berlin bestimmt. Hierfür möchte ich Herrn Professor Dr. rer. nat. H. Hoffmeister und seinen Mitarbeitern sowie Frau Horn danken.

Für die Beratung und die Unterstützung bei der statistischen Auswertung gebührt den Herren Dr. med. L. Röcker und Diplom-Mathematiker P. Kühling mein besonderer Dank.

L E B E N S L A U F

=====

- 1936 Am 17. Okt. 1936 in Neustadt/Westpr. geboren
- 1942 - 1945 Besuch der dortigen Volksschule
- 1946 - 1948 Nach Vertreibung aus Westpreußen, neuer Wohnsitz in Ost-Berlin.
(Berlin-Friedrichshain) Besuch der Volksschule
- 1948 - 1955 Besuch der Handel-Oberschule
- 1955 Abitur mit Note "Sehr gut"
- 1955 - 1958 Medizinstudium an der Humboldt-Universität,
Ablegung von Vorphysikum und Physik, 2 klinische Semester
- 1958 - 1961 Fortsetzung des Medizinstudiums an der FU-Berlin,
Beginn des Staatsexamens im Sommer-Semester 1961,
durch den Mauerbau unterbrochen
- 25.11.1961 Flucht nach West-Berlin
- März 1962 Beendigung des Staatsexamens mit der Note "Gut"
- April 1962 -
Juni 1964 Ableistung der Medizinalassistentenzeit an verschiedenen Berliner Krankenhäusern
- Juli 1964 Approbation als Arzt
- Seit dem 26. Juni 1964 verheiratet mit dem Architekten Heinz Viehrig
- Dezember 1964 Geburt des Sohnes Jörg
- Juli 1967 Geburt der Tochter Bastienne und des Sohnes Falk.

Berlin, den 20. Dez. 1975

